

## **ЕУРЕКА ПРОЕКТ**

**“Development of new actuators, materials and technology for the production of advanced pneumatic and hydraulic valves”**

### **ИЗВЕШТАЈ ЗА АКТИВНОСТИТЕ ВО “ЕУРОКОМПОЗИТ“ Прилеп**

#### **1. ЗАДАЧА НА “ЕУРОКОМПОЗИТ“ ВО РАМКИТЕ НА ПРОЕКТОТ**

Изработка на пластичен или композитен клип(ови) за пневматски и хидрауличен вентил заменител(и) за постоечките од алуминим и челик

#### **2. ТЕХНИЧКИ БАРАЊА ЗА МАТЕРИЈАЛОТ Т.Е. КЛИПОТ:**

- Да е полесен од челичниот односно алуминиумскиот
- Да може прецизно да се обработува во рамките на толеранциите дадени во техничката документација од конструкторот
- Да е отпорен на абеење, абразија и фрикција
- Да е доволно температурно отпорен за да дозволи плазма третман односно нанесување на тенок метален/јонски слој со висока тврдина
- Да не се разградлив во работниот медиум - хидраулично масло
- Да не набубрува и/или ги менува димензиите/тежината кога долго време е потопен во хидраулично масло
- Да има доволна механичка јакост да го поднесе работниот притисок во вентилот
- Да има самоподмачкувачки својства
- Да има долгорочна постојаност на димензиите т.е. да нема внатрешни напони во материјалот односно композитот да е избалансиран во самото производство
- Да е изработен од пластичен т.е. композитен материјал со што помала маса.
- Да е отпорен на динамичко оптеретување односно замор како би можел да ги поднесе многуте циклуси на работа при различни динамички фреквенции

### 3. АКТИВНОСТИ ЗА РЕАЛИЗАЦИЈА НА ПРОЕКТОТ

Активностите за реализација на проектот се сведуваат во четири главни категории :

1. Избор на суровините – ровинг, ткаенини, смоли, термопласти
2. Изработка на композитни материјали – ламинати или цевки
3. Тестирање на композитите и материјалите
4. Изработка на клипот според конструктивната документација

#### 3.1. ИЗБОР НА СУРОВИНТЕ

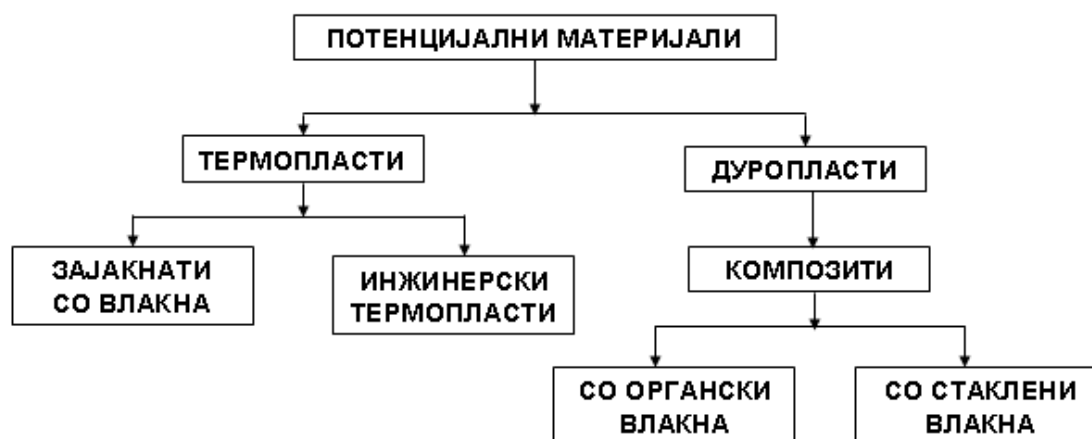
Со оглед дека барањата се многубројни и разновидни односно мултидисциплинарни : механички, хемиски, физички, динамички без систематски приод е многу тешко или скоро невозможно во предвидените рокови да се реализира поставената задача.

Поставените барања ниту фаворизираат ниту пак исклучуваат една од двете основни групи на пластични материјали:

1. термопластите и

2. duroпластите

така да во првата фаза како потенцијални се земени материјалите според следнава шема:



Блок дијаграм за пристап кон избор на потенцијалниот материјал

### **3.1.1. Дуропласти**

Од дуропластите односно термореактивните полимери извршен е избор на епоксидни и фенолни смоли и тоа:

- Епоксидна смола за намотување со анхидриден вмрежувач и амински катализатор
- Епоксидна смола за ламинирање со амински вмрежувач и амински катализатор
- Фенолна смола од резолен тип со модификатори, полнители и соодветни флексибизатори

#### **3.1.1.1. Органски влакна**

Извршен е избор на полиестерски ровинг за намотување

Извршен е избор на јаглороден ровинг со висок модул за намотување

Извршен е избор на јаглороден ровинг со висока јакост за намотување

Извршен е избор на арамидни влакна за намотување

Извршен е избор на арамидни ткаенини за ламинирање

Извршен е избор на памучна ткаенина за ламинирање

Извршен е избор од полиамидна (најлон 6.6) ткаенина за ламинирање

#### **3.1.1.2. Неоргански влакна**

Извршен е избор на Е-стаклен ровинг за намотување

Извршен е избор на стаклена ткаенина за ламинирање со финиш за епокси смоли

Извршен е избор за ткаен ровинг за ламинирање со финиш за фенолни смоли

#### **3.1.1.3. Композити**

Изработени се композити:

- Епокси смола/полиестерски ровинг, со намотување
- Епокси смола/јаглороден ровинг, со намотување
- Епокси смола/арамидна ткаенина, со ламинирање
- Епокси смола /арамиден ровинг, со намотување
- Епокси смола/стаклена ткаенина, со ламинирање
- Фенолна смола/ткаен ровинг, со ламинирање
- Фенолна смола/памучна ткаенина, со ламинирање

### **3.1.2. Термопласти**

#### **3.1.2.1. Термопласти зајакнати со влакна**

- Извршен е избор на унидирекционални полиетиленски влакна со ултра висока молекулска маса (UHMWPE) како зајакнувач и еластомер како матрица за ламинирање (Dyneema UD SB)
- Извршен е избор на унидирекционални полиетиленски влакна со ултра висока молекулска маса како зајакнувач и полиетилен како матрица (Dyneema UD HB)

#### **3.1.2.2. Инженериски термопласти**

- Извршен е избор на полиамид 6.6, немодифициран
- Извршен е избор на полиамид 6.6, модифициран со  $\text{MoS}_2$ , наменет за клизни лежачи, високоотпорен на абелење
- Извршен е избор на полиамид 6, отпорен на абелење
- Извршен е избор на наливен полиуретан (непорозен)

## **3.2. ИЗРАБОТКА НА КОМПОЗИТИТЕ**

### **3.2.1. Композити произведени со намотување**

Сите композити што се произведени со намотување (filament winding) изработени се во прототипската лабораторија на полуиндустријска машина намената за прототипско и малосериско производство. За секоја комбинација епоксид смола/ровинг вршено е прилагодување на процесните параметри според : вискозитетот на смолата, амбиентните услови, типот на влакната и тексажата на ровингот. Процесни параметри кои се регулираат во оваа фаза се : вртливата брзина на јадрото односно, времето на натопување на влакната во кадата со смола, аголот на намотување, степенот (чекорот) на преклопување на ровингот со претходниот слој, бројот на циклуси односно слоеви: лево-десно и десно-лево долж јадрото (во зависност од бројот на ровинзи и нивната тексажа), затегнатоста на ровингот на јадрото.

За некои композити се врше и промена на количината на катализаторот во реакционата смеса како би постигнале подобри процесни услови.

Според апликативните оптеретувања на клипот, како не би дошло до тоа работниот флуид (воздухот, хидрауличното масло) попречно да ги

оптеретуваат влакната, аголот на намотување беше минимален односно намотувањето беше блиску до аксијално. Целта на тоа беше што повеќе влакната да се насочени во правецот на течење на флуидот односно во правец на оптеретувањето. Со тоа се постигнува надолжно оптеретување на влакната - насока во која тие имаат супериорни механички карактеристики. Од друга страна се минимизира несаканиот ефект на флуидот врз нив кој се манифестира како во вид на механичко оптеретување на композитот, така и во вид на абење односно однесување на материјалот. Абразивната отпорност всушност беше едно од основните барања за клипот.

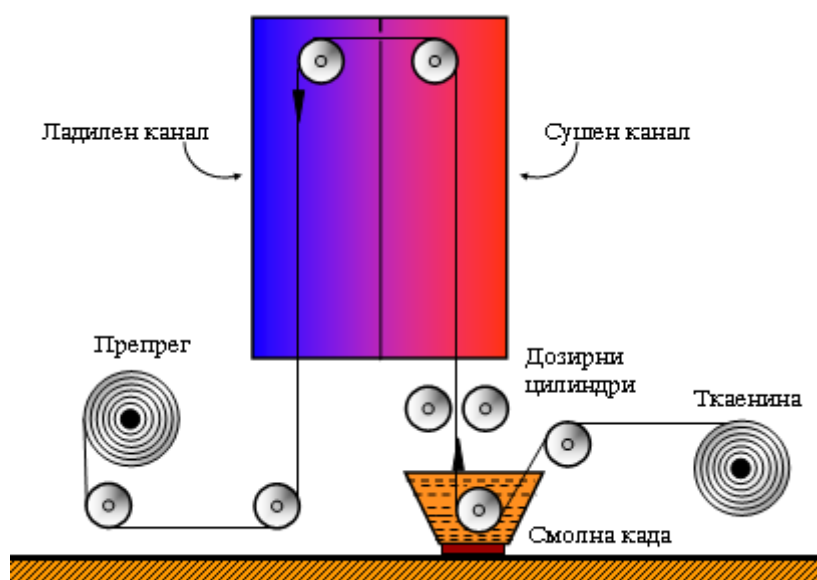
По намотувањето вмрежувањето и смолата го вршевме во ротациона печка во тек на  $\sim 3$  часа на  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ , во зависност од дебелината на композитот.

### 3.2.2. Композити произведени со ламинирање-дуропласти

Сите композити што се врз база на ткаенини се произведени со ламинирање, затоа често ваквите композити ги викаме ламинати.

#### Импрегнација

Импрегнацијата е првата фаза во производството на ламинатите при што се добива полупроизвод-препрег. Импрегнацијата е вршевме на полуиндустриска вертикална машина чии принцип на работа шематски е претставен на сликата 1, долу.



Слика 1. Шема на процесот на импрегнација

Во смолната када се става добро измешаниот смолен систем (кој се состои од стехиометриски односи на смолата, вмрежувачот и катализаторот).

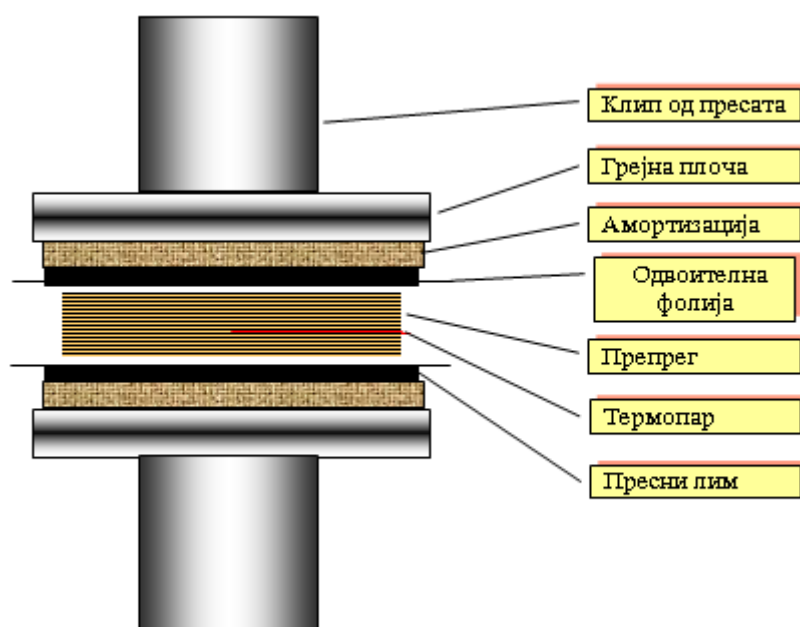
Параметрите кои ги регулиравме при импрегнацијата се следниве:

- брзината на импрегнација, односно времето на натопување на ткаенината со смолниот систем
- температурата во сушниот и ладилниот канал
- вискозитетот на смолниот систем (го регулираме или со промена на температурата во кадата или со количината на разредувачот, во конкретниов случај – етанолот)
- зазорот меѓу дозирните цилиндри - со кој ја регулираме содржината на смола врз ткаенината.

Основни карактеристики кои ги мериме на препрегот, а ги регулираме при импрегнацијата се: времето на желирање на смолата, содржината на смолата и количината на влага и испарливи материи. За секоја комбинација смола/ткаенина применети се соодветни процесни параметри што е нужност затоа што корисливне ткаенини со различни површински маси како и смолни системи (фенолни, епоксидни) со различна кинетика на вмрежување.

## Пресување

Следната фаза по импрегнацијата е пресувањето. Скроените слоеви на препрег според димензијата на пресата се редат во неа според шемата дадена на сликата 2.. Пресувањето на препрегот го вршевме на хидраулична преса.



Слика 2. Принцип на редување на пресниот пакет

Во зависност од типот на препрегот како и дебелината на ламинатите следниве параметри ги регулиравме во оваа фаза: притисок, температура и време на пресување.

### 3.2.3. Композити произведени со ламинирање-термопласти

Кај овие композити ја немаме фазата на импрегнација затоа што термопластите ги набавуваме во вид на препрег. Принципот на пресување е ист како и кај duroпластите единствено има голема разлика во температурата на пресување, која е знатно пониска заради ниската точка на топење на РЕ со ултра висока молекулска маса

#### 3.2.3.4. Инженерски термопласти

Овие материјали се набавуваат од други произведувачи со оглед на тоа што “Еурокомпозит” не произведува инженерска пластика.

### 3.3. ТЕСТИРАЊЕ НА КОМПОЗИТИТЕ И МАТЕРИЈАЛИТЕ

Кај сите композити и материјали извршена е визуелна инспекција и тестирање на основните механички карактеристики. Сите тестирања се извршени во “Еурокомпозит” во лабораторијата за тестирање на композити. Со оглед на тоа дека немаше барање за да се постигнат конкретни механички вредности за некои особини на материјалите, тестирањето имаше само цел:

- да се изврши целосна карактеризација на добиените материјали и
- да се провери репродуктивноста на технологијата на производството -
- евентуално да се откријат некои недостатоци во технологијата кои секако ќе се рефлектираа врз карактеристиките на производот.

На сликата 3, долу дадена е илустрација на испитувањето на свиткување



Слика 3. Испитување на свиткување на термопласт во три точки

### 3.4. ИЗРАБОТКА НА КЛИП

Од изработените композити и набавените инжињерски термопласти изработени се клипови според конструктивната документација. На сликата 4 долу презентирани се дел од клиповите кои треба функционално да се испитаат во експлоатациони услови.



Слика 4. Изработени клипови од композити и инжињерска пластика

Машинската обработка кај инжињерските термопласти одеше вообичаено без проблеми. Проблематични за процесирање се композитите врз база на високоперформансни влакан (со исклучок на јаглеродните) кај кои саради големата жилавост на влакната доаѓа до развласување. Тоа е поизразено кај ламинираните отколку кај намотаните композити. Во секој случај тоа е проблем на кој посебно ќе се работи во следните фазиод проектот.

### 4. ОСТАНАТИ АКТИВНОСТИ

- Испорака на ламинирани и намотани композити во фирмата “Плазма”
- Испитување на тврдината на површинските превлаки нанесени во “Плазма” во лабораторијата на “Еурокомполит”
- Редовно учество на преставниците од “Еурокомполит” на сите состаноци на работниот тим од проектот.